

# 極薄超磁歪 $\text{SmFe}_2$ 膜の磁気異方性

小野澤 隼, 北川 涼太, 高村 陽太, 中川 茂樹  
(東京工業大学 工学院 電気電子系)

Magnetic anisotropy of negative giant magnetostrictive  $\text{SmFe}_2$  ultrathin films

H. Onozawa, R. Kitagawa, Y. Takamura, S. Nakagawa

(Dept. of Electrical and Electronic Eng., Sch. of Eng., Tokyo Inst. of Tech.)

## はじめに

超磁歪材料で垂直磁化フリー層を構成した磁気トンネル接合(MTJ)と圧電体を組み合わせたピエゾエレクトロニック MTJ(PE-MTJ)<sup>1)</sup>は、不揮発性を保ったまま非常に低い磁化反転電流密度を達成できる。この素子のフリー層材料として、我々は負の巨大な磁歪効果を示す  $\text{SmFe}_2$ <sup>2)</sup>に注目した。これまでのところ、100 nm 厚の試料を用いて、異方的な近距離秩序に有すると考えられるアモルファス  $\text{SmFe}_2$  相が垂直磁気異方性(PMA)を持つことを明らかにしてきた<sup>3)</sup>。これをフリー層に応用するためには、nm オーダーまで薄層化しても PMA や大きな磁歪を保っていることを示す必要がある。今回は、 $\text{SmFe}_2$  膜の膜厚を減少させ、PMA と磁歪特性の膜厚依存性等について詳細な調査を行ったため報告する。

## 実験方法

すべての試料は、対向ターゲット式スパッタ法を用いて作製した。 $\text{SmFe}_2$  薄膜は、W バッファ層を堆積したガラス基板上に成膜し、さらに W でキャップした。 $\text{SmFe}_2$  の膜厚  $t$  は、10 から 100nm まで変化させた。 $\text{SmFe}_2$  成膜時の Ar 分圧は 0.1Pa、基板温度は 200°C とした。また、積層構造を作製した後に、アニール処理を 500°C で 1 時間施した。試料の磁化特性は、振動試料型磁力計(VSM)で評価を行った。

## 実験結果と考察

Figs. 1(a)と 1(b)に 30nm 厚と 10nm 厚の  $\text{SmFe}_2$  膜の磁化特性を示す。面直方向に対して、 $t = 30\text{nm}$  の試料は残留磁化を持つループが確認できたが、 $t = 10\text{nm}$  の試料では困難軸のような曲線を示した。Fig. 1(c)に飽和磁化  $M_s$  の  $t$  依存性を示す。 $M_s$  は、 $t \geq 30\text{nm}$  では約 520emu/cc の一定値を取ったが、 $t = 10\text{nm}$  では、約 450 emu/cc まで減少した。

磁化容易軸を定量的に評価するため、 $M-H$  曲線から垂直と面内それぞれの磁気異方性エネルギー密度  $K_{\perp}$ ,  $K_{\parallel}$  を求め、さらに反磁界を考慮したエネルギー密度の差分  $\Delta K = K_{\perp} - (K_{\parallel} + 2\pi M_s^2)$  を定義した。Fig. 1(d) に  $\Delta K$  と  $K_{\perp}$  の  $t$  依存性を示す。 $t \geq 30\text{nm}$  までは  $\Delta K$  は正だったが、それ以下では負となり、 $t$  が 10-30nm の間で磁化容易軸が面直から面内方向に変化することがわかった。これは、薄膜化に伴う  $M_s$  の減少による反磁界の減少分以上に  $K_{\perp}$  が低下したためである。これらの結果は、膜厚の減少に伴い近距離秩序の異方性アモルファス構造が変化したことを示唆する。

以上より、 $\text{SmFe}_2$  薄膜は PMA を保ったまま 30nm まで薄層化できることがわかった。さらなる薄層化には、近距離秩序等の異方的な構造を詳細に調べながら成膜条件を調整する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) Y. Takamura, et al.: *Solid State Electron.*, **128**, 194 (2017).
- 2) H. Samata, N. Fujiwara, Y. Nagata, T. Uchida, M. D. Lan: *J. Magn. Magn. Matter.*, **195**, 376 (1999).
- 3) 富田誠人, 石谷優剛, 高村陽太, 中川茂樹: 第 41 回日本磁気学会学術講演会, 19pA-7, 福岡, 2017 年 9 月.

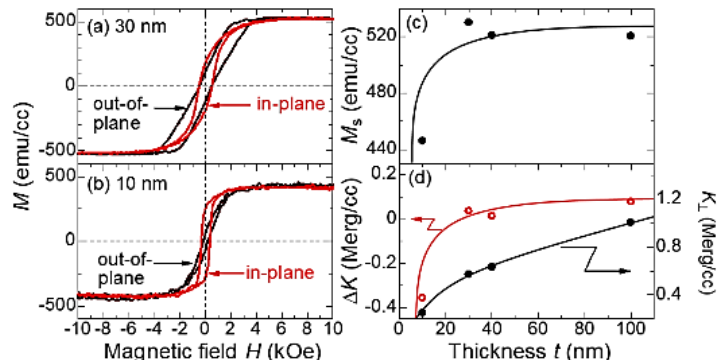


Fig. 1 Comparison of the  $M-H$  loops for  $\text{SmFe}_2$  films with  $t =$  (a) 10 nm and (b) 30 nm.  $t$  dependence of (c)  $M_s$  and (d)  $\Delta K$  and  $K_{\perp}$ .